

# ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE EM PRÉDIOS PÚBLICOS: UM ESTUDO DE CASO COMPARATIVO NOS ESTADOS DE GOIÁS E TOCANTINS

Alcy M. Júnior<sup>1</sup>, Marcos S. Souza<sup>2</sup>, Fábio L. Albuquerque<sup>2</sup>, Olívio C. N., Souto<sup>3</sup>, Sergio B. Silva<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>UFT – Universidade Federal do Tocantins, Engenharia Elétrica, Palmas-TO

alcy.monteiro@uft.edu.br;

<sup>2</sup>IFTO – Instituto Federal do Tocantins, Engenharia Elétrica, Palmas-TO

fabiolima@ifto.edu.br;

<sup>3</sup>NUPSOL – Núcleo de Pesquisa em Energias Renováveis, Instituto Federal de Goiás/IFG, Engenharia Elétrica, Itumbiara-GO

olivio.souto@ifg.edu.br; sergio.silva@ifg.edu.br;

**Resumo** - Este trabalho analisa a viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (SFCR) de potência 100kWp em duas instituições pública de ensino: o Instituto Federal do Tocantins (IFTO) – Campus Palmas e o Instituto Federal de Goiás (IFG) – Campus Itumbiara. A partir de uma potência estabelecida para ambos os campi, através de simulações computacionais procurou-se identificar qual das duas instituições apresenta melhor relação custo/benefício com a inserção da geração FV. O cálculo do *Payback* para o campus do IFG resultou no tempo de retorno do investimento de 8,23 anos, cerca de 4 anos a menos, comparado ao tempo de retorno para o campus do IFTO.

**Palavras-Chave** - Energia Solar, Geração Distribuída, Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede.

## FEASIBILITY AND ECONOMIC ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM GRID-TIE IN PUBLIC BUILDINGS: A COMPARATIVE STUDY IN GOIÁS AND TOCANTINS STATE

**Abstract** - This paper analyzes the feasibility and economic installing of a photovoltaic system grid connected of 100 kWp in two public educational institutions: the Federal do Tocantins Institute (IFTO) - Campus Palmas and the Federal Institute of Goiás (IFG) - campus Itumbiara. From a power established for both campus, through computer simulations sought to identify which of the two institutions most cost/benefit with the inclusion of PV system. The calculation of the *Payback* for IFG campus resulted in the time of return on investment of 8.23 years, about 4 years less compared to the *Payback* time for the campus IFTO.

**Keywords** - Distribute Generation, Grid-Connected Photovoltaic System, Solar Energy.

## I. INTRODUÇÃO

Devido às mudanças climáticas, o cenário global de energia elétrica vem passando por mudanças significativas na sua matriz energética. O efeito estufa, resultado da queima de combustíveis fósseis, constituiu-se, atualmente, no principal fator motivo para o uso de fontes renováveis de energia. Adicionalmente a este grave problema, deve-se destacar que tais combustíveis são provenientes de fontes finitas de energia além de serem agentes poluidores do ar. Diante de tais aspectos, a energia solar fotovoltaica e a eólica tem crescido em todo o mundo apesar ainda dos custos serem relativamente elevados. O novo desafio que se enfrenta na atualidade é garantir que a energia gerada pelas fontes renováveis possa acompanhar o aumento da demanda e com isso assegurar um mínimo de impacto ambiental. A energia solar tem-se destacado devido à redução dos custos associados a tais sistemas e este fato tem contribuído para o crescimento exponencial no Brasil e no mundo. Seja os sistemas fotovoltaicos (FV) em larga escala como aqueles de pequena potência instalados nos telhados de residências o que se observa e que a partir do momento que o governo de cada país estabelecer as regras de conexão ao sistema elétrico e definir o mecanismo de remuneração da energia produzida e injetada no sistema da concessionária [1].

De acordo com o Relatório Global de Energias Renováveis [2], o mercado mundial de energia solar FV em 2015 cresceu 25% em quando comparado com o ano de 2014 alcançando uma capacidade total de 227 GW. A capacidade acumulada em 2015 foi de quase 10 vezes a capacidade de energia solar FV acumulada do mundo de uma década antes. Conforme ilustra a Figura 1, países como China, o Japão e os Estados Unidos são os maiores em termos de capacidade instalada. Pode-se observar, pela Figura 1, que os mercados emergentes em todos os continentes têm contribuído para o crescimento mundial da energia solar FV.

Quando comparado com os demais países, o Brasil possui inúmeras vantagens para garantir o pleno desenvolvimento da energia solar FV. Além do alto nível de insolação, possui grandes reservas de quartzo de boa qualidade, que podem gerar importante vantagem competitiva para a produção de silício com alto grau de pureza, utilizado na fabricação das células e módulos solares [3].



XIV CEEL - ISSN 2178-8308  
03 a 07 de Outubro de 2016  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU  
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

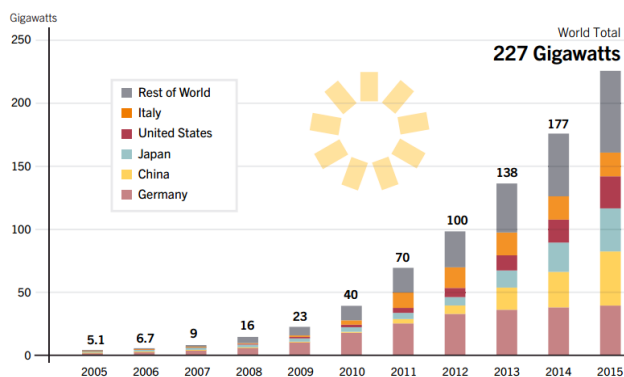


Fig. 1. Capacidade Global Solar FV por região, 2005-2015. Fonte: REN21 (2016).

Mesmo nas regiões com baixa irradiação solar no território brasileiro, o potencial de aproveitamento é considerável, sendo que a irradiação média brasileira é de 5,2 kWh/m<sup>2</sup>/dia, com mínima de 4,25 kWh/m<sup>2</sup>/dia no estado de Santa Catarina e máxima de 6,75 kWh/m<sup>2</sup>/dia na Bahia [4].

Conforme mostra a Tabela I, a radiação solar média em qualquer parte do território brasileiro é bem superior a radiação incidente na maioria dos países da união europeia como França, Alemanha, Espanha, etc. que recebem fortes incentivos governamentais para o aproveitamento da energia solar [5].

Tabela I – Irradiação Solar por País [6].

País	Irradiação Solar [kWh/m <sup>2</sup> /dia]			Área [mil km <sup>2</sup> ]
	Mínima	Máxima	Média	
Alemanha	2,47	3,42	2,95	357,02
França	2,47	4,42	3,49	543,97
Espanha	3,29	5,07	4,18	504,97
Brasil	4,25	6,75	5,50	8.515,77

Uma análise que merece destaque consiste no cálculo da capacidade de geração FV considerando a área disponível nos telhados das residências e a comparação com o consumo destes mesmos consumidores residenciais. A Tabela II apresenta os valores do potencial FV em relação ao consumo residencial no Brasil por estado [7].

Tabela II – Potencial de geração FV em residências.

Estado	Potencial Fotovoltaico Residencial [MW médios]	Potencial Fotovoltaico Residencial [GWh/ano]	Consumo Residencial Anual 2013 [GWh]	Potencial Fotovoltaico / Consumo Residencial
AC	110	964	373	258%
AL	505	4.424	1.227	361%
AM	420	3.679	1.784	206%
AP	80	701	500	140%
BA	2.360	20.674	6.144	337%
CE	1.430	12.527	3.751	334%
DF	410	3.592	2.191	164%
ES	595	5.212	2.213	236%
GO	1.220	10.687	3.958	270%
MA	1.020	8.935	2.563	349%
MG	3.675	32.193	10.118	318%
MS	505	4.424	1.571	282%
MT	570	4.993	2.182	229%
PB	1.020	8.935	2.632	339%
PB	655	5.738	1.603	358%
PE	1.410	12.352	4.563	271%
PI	555	4.862	1.328	366%
PR	1.960	17.170	6.986	246%
RJ	2.685	23.521	12.833	183%

RN	555	4.862	1.805	269%
RO	265	2.321	1.084	214%
RR	65	569	345	165%
RS	1.970	17.257	7.750	223%
SC	1.075	9.417	4.935	191%
SE	350	3.066	979	313%
SP	7.100	62.196	38.783	160%
TO	255	2.234	695	321%
<b>TOTAL</b>	<b>32.820</b>	<b>287.505</b>	<b>124.896</b>	<b>230%</b>

Pode-se observar pela Tabela II, que relação média entre o potencial solar FV e a energia consumida no setor residencial é de 230%, significando que a capacidade de geração chega a ser mais do que duas vezes o consumo residencial. De acordo com as pesquisas realizadas pela Empresa de Pesquisa em Energia (EPE), todo o montante de energia consumido em 2011 no sistema interligado nacional, e toda a energia gerada e distribuída no território brasileiro, poderia ser gerada por painéis solares ocupando uma área de 2.400 km<sup>2</sup> estando num local de irradiação média de 1400 kWh/m<sup>2</sup>/ano [3].

A energia solar no Brasil teve seu início com o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM). Este programa foi criado em 1994 pelo governo federal, e objetivou distribuir energia elétrica em áreas isoladas, por meio de kits de energia FV, atendendo, principalmente, escolas e postos de saúde da zona rural. Ao todo, foram instalados no período de junho de 1996 a dezembro de 2001 mais de 8.700 sistemas de microgeração solar FV autônoma (*off-grid*) em todo o território nacional, totalizando cerca de 5,2 MWp de potência instalada, sendo considerado um dos maiores programas de eletrificação rural utilizando painéis solares a nível mundial [8].

Em agosto de 2011 a ANEEL lançou a chamada pública para projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) com objetivo de analisar o desempenho técnico-econômico de usinas fotovoltaicas (UFV) de 0,5 MWp a 3,0 MWp, bem como os dados solarimétricos, para possível conexão à matriz energética. E mais recentemente, em abril de 2012 a ANEEL aprovou a Resolução Normativa 482/2012 (RN482), direcionada a geração distribuída permitindo que consumidores da baixa tensão pudessem produzir sua própria energia elétrica, se conectar com a concessionária e compensar o excedente gerado [9]. No fim de 2015, a RN482 sofreu aprimoramentos, os quais foram regulamentados pela Resolução Normativa 687/2015 (RN687), entrando em vigor no dia 1º de março de 2016 [10]. Dentre todas as fontes consideradas pela resolução normativa 482, os sistemas FV conectados à rede são a que mais tem destacado. A Figura 2 mostra a evolução do número de SFCR, registrados na ANEEL após a criação da RN482, até abril de 2016.

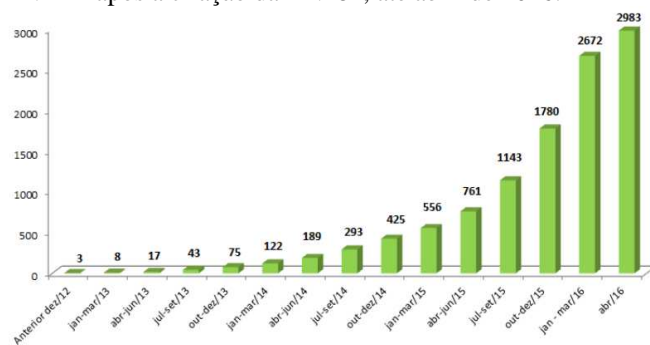


Fig. 2. Número de SFCR Instalados no Brasil.

Para que o crescimento da instalação de SFCR possa ocorrer com maior velocidade, inúmeros trabalhos têm sido realizados com vistas a divulgar, para a população em geral os sistemas de microgeração solar FV [11]. Dentre as várias estratégias, vale citar:

- Selo solar: concedido a instituições, que no período de um ano consumir o mínimo de energia proveniente da fonte solar;
- Guia de Microgeradores FV: contendo instruções e procedimentos para os interessados em instalar o sistema em sua residência;
- Simulador solar: permite simular o dimensionamento de um sistema fotovoltaico de acordo com a carga do consumidor interessado;
- Lista de empresas do setor FV: relação contendo mais de 300 empresas que atuam no setor fotovoltaico no Brasil;

Dentro deste contexto, anualmente o Governo Federal tem publicado editais para estimular a instalação de SFCR em prédios públicos, principalmente nos institutos federais de ensino. Neste sentido, este trabalho de pesquisa tem por objetivo realizar uma análise comparativa da viabilidade técnica-econômica da instalação desses sistemas em dois prédios públicos que abrigam, cada um, uma instituição de ensino. Os locais de instalação estão localizados, cada um, em dois estados distintos: um Instituto Federal na cidade de Palmas-TO (IFTO) e outro em Goiás na cidade de Itumbiara (IFG) são apresentados.

## II. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos estabelecidos para este trabalho de pesquisa, simulações computacionais foram realizadas utilizando o programa computacional PVSystems para se avaliar a viabilidade técnica e econômica da instalação de SFCR em duas regiões distintas do país. Os dados para as simulações computacionais consistiram das respectivas curvas de carga anual, de informações dos SFCR como, por exemplo, tipo de inversor, placas solares, entre outros.

### A. Características do Campus de Palmas/IFTO

O campus de Palmas é atendido com tensão de 13,8 kV, pertencente ao grupo A, com uma demanda contratada atual em 640 kW. O campus possui ainda um contrato para a tarifaçã horosazonal verde e, conforme resolução 687/2015 da ANEEL, a potência máxima a ser instalada de geração será aquela disponibilizada pelo sistema para a unidade consumidora, se limitando, portanto, à demanda contratada. A Figura 3 apresenta parte do campus, com áreas disponíveis para instalação dos módulos FV nos telhados. O ângulo de inclinação dos telhados é de aproximadamente 22,5 graus.



Fig. 3. Vista aérea do campus PALMAS/IFTO.

### B. Características do Campus de Itumbiara/IFG

O campus Itumbiara do IFG é atendido no nível de tensão de 13,8 kV, pertencente ao grupo A, com uma demanda contratada de 200 kW e tarifaçã horosazonal verde. Sua coordenada encontra-se na latitude de 18° 26' ao Sul e longitude de 49° 13' a Oeste. A Figura 4 apresenta as áreas disponíveis para instalação dos módulos FV nos telhados que possui desvio azimutal de 48° (Noroeste) e parte está com desvio de 42° (Nordeste). O ângulo de inclinação dos telhados é de aproximadamente 10 graus.

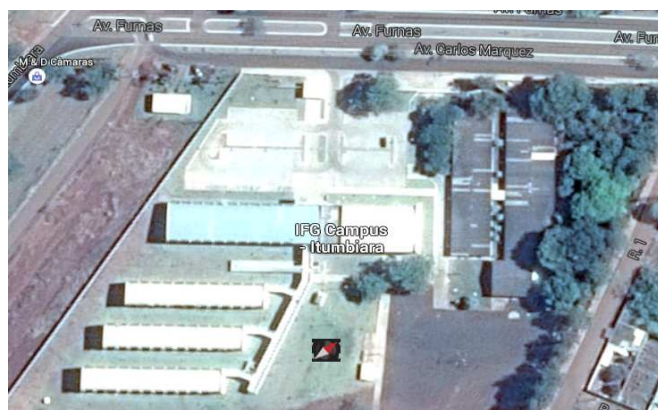


Fig. 4. Vista aérea do campus ITUMBIARA/IFG.

### C. Características do SFCR considerados neste artigo.

Os SFCR previstos para instalação em ambas as unidades estão detalhados nas tabelas que segue. Importante ressaltar que nesta etapa dos estudos foram utilizados dados reais de consumo e de radiação solar e as análises foram realizadas a partir de resultados computacionais. As Tabelas III e IV apresentam as características técnicas dos componentes utilizados nas simulações.

Tabela III – Características Técnicas do módulo.

Fabricante	CSI CANADIAN SOLAR INC
Sigla	CS6P-255P
Potência Máxima - Pmax	255 Wp
Eficiência do módulo	15,85 %
Tensão de Máxima Potência (Vmax)	30,2 V
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	37,4 V
Corrente de Máxima Potência (Imax)	8,4 A
Corrente de Curto Circuito (Isc)	9,0 A



Tabela IV – Características Técnicas do INVERSOR.

Fabricante	PHB Eletrônica
<b>Características elétricas – Entrada CC</b>	
Máxima Potência FV	20,5 kW
Máxima tensão CC	1000 Vcc
Faixa de operação SPMP	260~850 Vcc
Tensão CC de partida	250 Vcc
Corrente CC máxima	22 A
<b>Características elétricas – Saída CA</b>	
Potência nominal CA	20 kW
Máxima Corrente CA	30 A
Saída nominal	60 Hz; 380/220 Vca
Faixa de operação	57,5~62 Hz; 176~242 VCA
THD	5%
Fator de Potência	Unitário (0,9 Capacitivo /
<b>Eficiência</b>	
Máxima	98,2 %
SPMP	> 99,5 %

Os preços praticados das tarifas de energia em cada posto horário e pelas concessionárias de energia onde foram realizadas as simulações são apresentadas na Tabela V.

Tabela V – Tarifas da Energia – Sub Grupo A4 (2,3 – 25 kV)

Local	TE (R\$/MWh)		Valor Aplicado Inc. Imp. (R\$/MWh)		Impostos Aplicados ICMS+PIS+CONFINS (Médias 12 meses - %)
	Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta	
ENERGISA	303,77	188,02	2,7320	0,3194	29,87
CELG-D	363,72	229,29	1,7123	0,4718	33,66

#### D. Características do SFCR considerados neste artigo.

A potência de pico do painel FV ( $P_{FV}$ ) que compõe um SFCR pode ser calculada pela Equação 1 definida por [10]:

$$P_{FV}(Wp) = \frac{E/TD}{HSP_{MA}} \quad (1)$$

Onde:

- E (Wh/dia) - Consumo diário médio anual da edificação ou fração deste;
- $HSP_{MA}$  (h) - Média diária anual das horas de sol pleno (HSP) incidente no plano do painel FV;
- TD - Taxa de desempenho (adimensional).

O software PVsyst® versão 6.38, permite visualizar os efeitos em termos de irradiação anual, considerando condições ideais de orientação, inclinação e desvio azimutal. Foram utilizadas as informações solarimétricas obtidas do site da NASA, as irradiações no plano horizontal e temperaturas ambiente média diária. Para as localidades de Palmas-TO e Itumbiara-GO, tem-se, respectivamente, irradiação solar/temperatura de 5,43 kWh/m<sup>2</sup>/dia / 27,3 °C, e de 5,31 kWh/m<sup>2</sup>/dia / 24,4 °C. A Figura 5 ilustra o perfil da radiação solar mensal obtida pelo programa computacional.

Analisando a Figura 5, nota-se que a geração em Palmas, tem o seu pico nos meses de Julho e Agosto, período do ano em que o sol está em posição favorável em relação aos painéis FV, e as condições do clima também favorecem por ser o período do ano com menos nuvens. Essa geração vai diminuindo devido ao posicionamento da terra em relação ao sol em função do movimento de translação e também, à medida que vai chegando o período no qual ocorrem chuvas e tempo nublado. Para o caso de Itumbiara, nota-se que a curva é mais homogênea, resultando em maior disponibilidade de energia ao longo do ano.

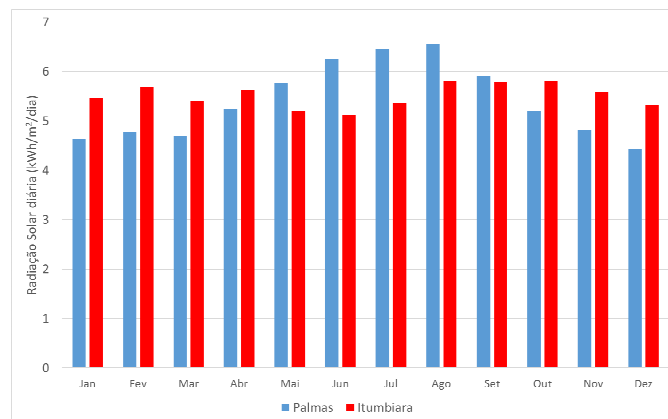


Fig. 5. Perfil anual da média mensal da radiação diária para as cidades de Palmas-TO e Itumbiara-GO.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a RN687, o sistema a ser instalado fica limitado à demanda contratada pelo consumidor, por este ser do grupo A.

Tendo em vista que o objetivo deste trabalho é apresentar uma análise comparativa entre duas instalações FV do Grupo A e, considerando a possibilidade do governo federal subsidiar instalações para os Institutos Federais de Educação no limite de 100kWp de potência instalada, as análises computacionais foram direcionadas para investigar o retorno financeiro destes dois sistemas com a mesma potência instalada, isto é, 100 kWp.

A análise econômica foi realizada sob a ótica do investidor (neste caso, o governo federal), com base no cálculo do Payback simples do projeto. Embora existam outras opções mais precisas para analisar o retorno de investimentos, o Payback simples ainda é a principal métrica utilizada pela população em geral [12].

#### A. Análises de consumo e compensações por posto horário

Utilizando o software PVSyst, foi possível estimar a produção de energia mensal para os dois SFCR.

Os consumidores do Grupo A possuem tarifas diferenciadas conforme o horário de consumo de energia ao longo do dia, sendo o período de tarifas mais onerosas denominado de Horário de Ponta, que consiste de um intervalo de 3 horas diárias onde o sistema elétrico é mais solicitado pelos consumidores, ou seja, das 18h às 21h. Neste período não há radiação solar suficiente para geração de energia pelo SFCR. A produção fica, portanto, restrita ao Horário Fora de Ponta onde conforme o consumo de energia pela edificação e a potência instalada do sistema FV poderá haver um excedente a ser injetado na rede elétrica.

Nestas condições operacionais a concessionária, de acordo com a RN687, deve realizar o sistema de compensação de energia utilizando este excedente, no horário de ponta aplicando o fator de compensação, conforme a Equação 2.

$$\text{Fator de Compensação} = \frac{TE_{FORA\_PONTA}}{TE_{PONTA}} \quad (2)$$

Onde:

- TE - Taxa de Energia.

Neste sentido, a resolução determina que o excedente de energia gerada no período fora de ponta seja compensado no horário de ponta do mês corrente ou, conforme o caso, no mês subsequente, aplicado o fator de compensação. Quando não há excedente de energia, ou seja, o consumo foi superior à energia gerada, a compensação é realizada no período fora de ponta.

Considerando o ano de 2015, os valores de consumo na ponta e fora dela foram obtidos a partir das faturas de energia de ambas as unidades consumidoras. A Tabela VI apresenta os valores apurados que foram inseridos no programa computacional para realização das análises. Deve-se observar que o programa disponibiliza a energia gerada pelos respectivos SFCR considerando as características próprias de cada localidade.

Tabela VI – Consumo de Energia e Produção de Energia Estimados para cada Campi.

Mês	Consumo e Geração de Energia – Palmas/IFTO [kWh]			Consumo e Geração de Energia Itumbiara/IFG [kWh]		
	PONTA	FP	FV	PONTA	FP	FV
Jan	8.081	66.276	10.743	4.339	31.406	13.918
Fev	7.800	66.948	10.394	1.436	17.388	13.079
Mar	18.810	99.939	11.817	2.959	21.125	13.794
Abr	20.652	109.620	13.374	2.528	20.779	13.868
Mai	20.005	111.174	15.885	4.401	25.834	13.227
Jun	24.030	116.382	17.018	3.211	17.690	12.627
Jul	21.610	123.669	17.990	3.335	17.755	13.669
Ago	18.179	115.380	17.703	1.780	13.241	14.827
Set	19.605	126.324	14.688	4.024	21.881	14.262
Out	28.008	150.228	12.690	5.100	26.266	14.807
Nov	22.013	131.292	10.924	5.689	28.179	13.772
Dez	26.459	140.184	10.224	6.278	38.092	13.570
<b>Méd.</b>	<b>19.604</b>	<b>113.118</b>	<b>13.785</b>	<b>3.757</b>	<b>23.636</b>	<b>13.621</b>

De acordo com a Tabela VI observa-se que considerando um sistema de 100 kWp, não haverá ao longo do ano, período em que a produção de energia pelo SFCR gere excedente na unidade de Palmas. Isto se explica, naturalmente, pelo alto consumo desta unidade. Desta forma a compensação se dará no consumo de energia fora de ponta, posto horário o qual ocorre a geração FV. Para o campus de Itumbiara-GO, o SFCR de 100 kWp produziria excedente de energia apenas no mês de agosto, no período avaliado.

Avaliando as médias anuais de consumo e geração de energia elétrica no período fora de ponta, observa-se que a relação entre energia gerada e consumo fora de ponta é de 51,14% para Itumbiara e apenas 12,19% para o campus de Palmas. Estes valores indicam que estabelecer um limite de potência instalada sem a realização de estudos específicos para cada localidade onde será instalado o SFCR pode não resultar numa redução significativa nas faturas de energia. Ainda com vistas a mostrar a relação entre a potência gerada e o consumo, foram geradas as Figuras 6 e 7, elaborados a partir da Tabela VI, ilustrando a ocorrência ou não de excedente de energia.

Vale enfatizar que a geração de energia acima do consumo no período fora de ponta seria a situação ideal porque este excedente seria compensado no período de ponta onde a tarifa de energia é mais onerosa.

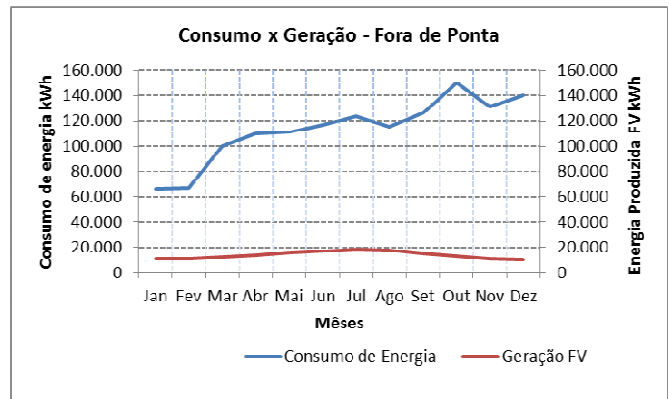


Figura 6: Comparação entre consumo de energia e geração do SFCR para campus do IFTO/Palmas.

Para o campus de Itumbiara observa-se que a geração FV está mais próxima do consumo da edificação o que irá proporcionar um maior impacto na fatura de energia conforme indica a Figura 7.

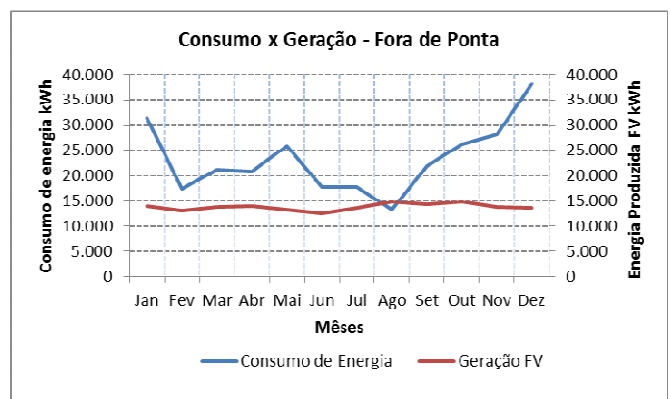


Figura 7: Comparação entre consumo de energia e geração do SFCR para campus do IFG/Itumbiara.

A partir da Figura 7, evidencia a existência de excedente de energia gerada no mês de Agosto para o campus do IFG/Itumbiara, onde será compensado no horário de ponta.

Ainda com vistas a mostrar os ganhos financeiros das duas unidades consumidoras e considerando as diferenças de tarifas entre as duas concessionárias, elaborou-se a Tabela VII que permite avaliar os ganhos financeiros com a produção de energia pelo SFCR.

Tabela VII – Resultados da compensação de energia e das tarifas com e sem o SFCR (incluindo impostos).

Mês	Campus Palmas/IFTO				Campus Itumbiara/IFG			
	Liq. FP [kWh]	Liq. Ponta [kWh]	Tarifa Atual [R\$]	Tarifa SFCR [R\$]	Liq. FP [kWh]	Liq. Ponta [kWh]	Tarifa Atual [R\$]	Tarifa SFCR [R\$]
Jan	55533	8081	43246	39815	17488	4339	22248	15681
Fev	56554	7800	42693	39373	4309	1436	10662	4491
Mar	88122	18810	83310	79536	7330	2959	15033	8525
Abr	96246	20652	91435	87163	6911	2528	14133	7589
Mai	95289	20005	90163	85090	12606	4401	19725	13484
Jun	99364	24030	102823	97388	5063	3211	13845	7887
Jul	105679	21610	98539	92793	4086	3335	14089	7639
Ago	97677	18179	86518	80864	0	780	9295	1336
Set	111636	19605	93910	89218	7619	4024	17215	10486
Out	137538	28008	124502	120448	11458	5100	21126	14140
Nov	120368	22013	102075	98586	18407	5689	24925	18426
Dez	129960	26459	117062	113796	24521	6278	28723	22320

Conforme mostra a Tabela VII, a fatura de energia elétrica do campus de Palmas terá uma redução anual de R\$ 52.207,00 reais, significando cerca de 5% de redução com a instalação do SFCR. Para o campus de Itumbiara fica evidenciado que o impacto anual foi superior onde a economia foi da ordem de R\$ 79.014,00, ou seja, 34,4% de redução nos gastos com energia elétrica.

#### **B. Investimentos e análise do Payback dos SFCR**

Para avaliar o tempo de retorno do investimento da instalação dos SFCR nas duas unidades consumidoras providenciou-se o orçamento de um sistema de potência instalada de 100 kWp incluindo serviço de instalação e projeto. O valor orçado foi da ordem de R\$ 650.000,00.

O cálculo do *Payback* para a unidade de Palmas resultou no tempo de retorno do investimento de 12,45 anos e para o campus de Itumbiara 8,23 anos.

Importante observar que o método do *Payback* não considera o valor do dinheiro ao longo do tempo, no entanto, oferece um parâmetro que permite avaliar o projeto dentre outros que resulta no menos tempo de retorno do investimento realizado.

### **IV. CONCLUSÕES**

Este artigo analisou a viabilidade financeira da instalação de SFCR com capacidade instalada de 100 kWp em dois prédios públicos localizados, respectivamente, em Palmas-TO e Itumbiara-GO.

A partir dos dados de consumo de energia obtidos junto a concessionária local e, levando em consideração as características locais, simulações computacionais foram realizadas com vistas a identificar o impacto do uso de geração FV nas faturas de energia elétrica de tais edificações.

O método de comparação financeira entre dois projetos foi o *Payback* que embora seja o mais simples entre as diversas alternativas para se avaliar a viabilidade financeira de projetos de engenharia, ele permite mostrar o impacto das propostas e com isso permitem tomadas de decisão.

O tempo de vida útil considerado nas análises foi de 25 anos que é o tempo de vida útil das placas solares. Como o tempo de vida útil dos inversores é de 10 anos, conforme informa o fabricante, faz-se necessária considerar no cálculo dos custos de cada sistema a substituição dos inversores a partir de 10 anos de funcionamento.

Analisando o *Payback* de cada sistema, em uma primeira análise pode-se concluir que para o campus de Itumbiara, sendo o *Payback* menos a viabilidade financeira é mais atrativa. Para o campus de Palmas-TO não se pode afirmar o mesmo, pois conforme os resultados apresentados o tempo de retorno do investimento é da ordem de 12,45 anos, maior que o calculado para Itumbiara-TO, mas ainda assim atrativo tendo em vista o tempo de vida útil do sistema ser de 25 anos.

Finalmente, faz-se importante ressaltar que a análise financeira da viabilidade de instalação de sistemas FV exige estudos aprofundados e, principalmente, informações reais de

produção de energia tendo em vista que a geração FV é totalmente dependente das condições climáticas do local onde os mesmos estão instalados. Vale citar também que as os módulos FV vão acumulando sujeira ao longo do tempo resultando em geração de energia inferior ao projetado. Para corroborar os estudos teóricos sobre o desempenho de sistemas fotovoltaicos e fundamental a obtenção de dados reais de geração, das condições de irradiação e temperatura e com isto correlacionar tais variáveis para identificar padrões e com isto subsidiar instaladores, pesquisadores e concessionárias de energia com informações reais da produção de energia FV.

### **REFERÊNCIAS**

- [1] R.A. Gabardo, T. Radaskievicz. “Aspectos técnicos e econômicos do uso residencial de painéis fotovoltaicos ligados à rede”. 2013, TCC – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Acedido em 14 de Agosto de 2015 em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br>.
- [2] REN21. Renewables 2016 Global Status Report. 2016.
- [3] BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). “Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira”. Rio de Janeiro, maio de 2012. Acedido em 05 de Janeiro de 2016 em: <http://www.epe.gov.br>.
- [4] E.B. Pereira, F.R. Martins, S.L. Abreu, R. Rütther. “Altas Brasileiro de Energia Solar”. São José dos Campos: INPE. 2006. Acedido em: 14 de maio de 2016 em <http://www.ccst.inpe.br>.
- [5] ANEEL - Atlas de energia elétrica do Brasil. Agência nacional de energia elétrica, 2002. Acedido em 20 de janeiro de 2016 em: <http://www2.aneel.gov.br>.
- [6] WWF. Desafios e oportunidades para a energia fotovoltaica no Brasil: Recomendações para políticas públicas, Brasília, 2015. Acedido em 12 de Janeiro de 2016 em <http://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca>.
- [7] BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. Brasília: MME/EPE, 2014. Acedido em 20 de Maio de 2016 em: <http://www.epe.gov.br>.
- [8] M.A. Galdino, J.H.G. Lima, “ PRODEEM - O Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica”. IX Congresso Brasileiro De Energia. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002.
- [9] ANEEL. “RESOLUÇÃO NORMATIVA N\_482”, 2012. Acedido em: 01 outubro de 2014, em: <http://www.aneel.gov.br>.
- [10] ANEEL. “RESOLUÇÃO NORMATIVA N\_687”, 2015. Acedido em: 14 maio de 2016, em: <http://www.aneel.gov.br>.
- [11] V. Rai, B. Sigrin. “Economics of individual decision-making: buy vs. Lease differences in the adoption of residential solar”. Presented at the 31st USAEE/IAEE North America Conference, Austin, TX, EUA. 2012.